

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number :

**2002-244029**

(43)Date of publication of application : 28.08.2002

(51)Int.Cl.

G02B 7/36

**G01B 15/00**

G02B 7/28

H01J 37/21

H01J 37/22

H01J 37/28

**(21)Application number : 2001-042674**

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 20.02.2001

(72)Inventor : WADA MASAJI  
KOGURE MAKOTO

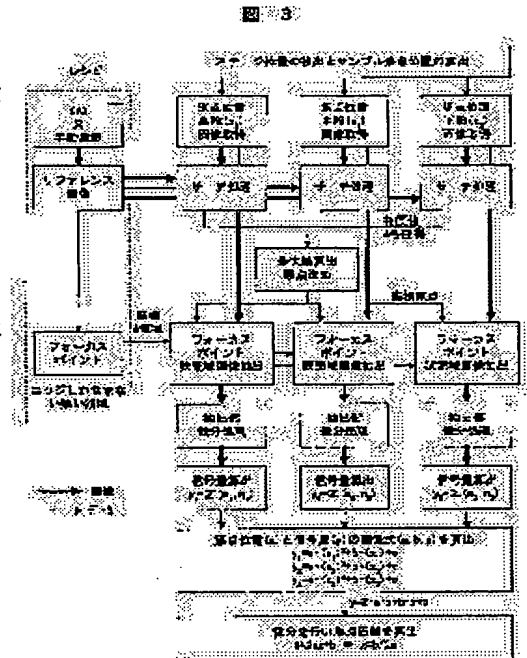
#### (54) MINUTE DIMENSION MEASURING INSTRUMENT

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an automatic focus adjustment function to properly perform a focusing on a pattern line being a measuring object with the minimum automatic focus adjustment time.

**SOLUTION:** In a process to make a recipe for checking semiconductors, the pattern line being a measuring object is designated, and only an image area part is extracted by the search processing of parts including edge parts of the pattern line being the measuring object as a focal point area. Furthermore, several times of photographings are carried out by changing the focal point, i.e., magnetic field intensity of an exciting coil on the basis of positional information of a table. A means is used to calculate the focal point from the polynomial which makes the variable the amount of signals and the magnetic field intensity obtained by differentiating the image part of the focal point area. Since acquisition number of sheets of the focal evaluation images can be reduced, the measuring throughput is improved.

Moreover, since the focusing can be properly performed on the pattern line being the measuring object, there is an effect that correct measurement can be carried out.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-244029  
(P2002-244029A)

(43)公開日 平成14年8月28日(2002.8.28)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	FI	テーマコード(参考)
G 0 2 B 7/36		G 0 1 B 15/00	B 2 F 0 6 7
G 0 1 B 15/00		H 0 1 J 37/21	B 2 H 0 5 1
G 0 2 B 7/28		37/22	5 0 2 H 5 C 0 3 3
H 0 1 J 37/21		37/28	B
37/22	5 0 2	G 0 2 B 7/11	D

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 6 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2001-42674(P2001-42674)

(22)出願日 平成13年2月20日(2001.2.20)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 和田 正司

茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株  
式会社日立製作所計測器グループ内

(72)発明者 小暮 誠

茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株  
式会社日立製作所計測器グループ内

(74)代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

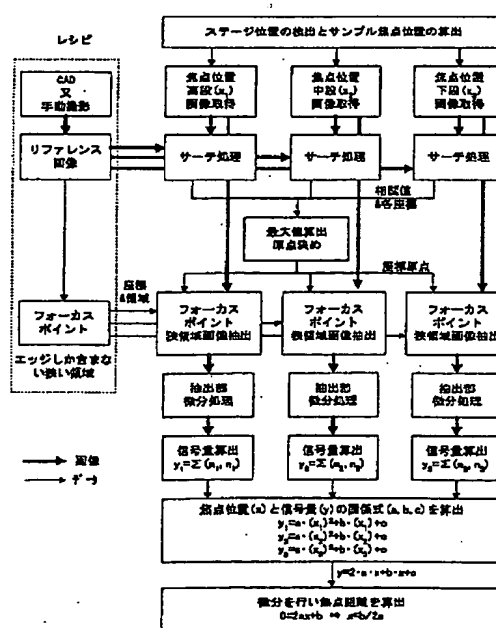
(54)【発明の名称】 微小寸法測定装置

(57)【要約】

【課題】最小の焦点自動調整時間で、測長対象パターン線に焦点を的確に合わせる焦点自動調整機能を提供する。

【解決手段】半導体検査用レシピを作成する過程で、測長対象パターン線を指定し、測長対象パターン線のエッジ部位を含む焦点ポイント領域をサーチ処理にて、その画像領域部位だけを抽出する。さらに、テーブルの位置情報を基準にして、焦点位置、つまり励磁コイルの磁界強度を変えて複数回の撮影を実行し、焦点ポイント領域の部位画像を微分して得られた信号量と磁界強度を変数とする多項式から焦点位置を算出する手段を用いる。本発明によれば、焦点評価画像の取得枚数を減らせることが出来るので、測長スループットが向上する。さらに、測長対象パターン線に対する的確に焦点を合わせることが出来るので、正確な測長が出来る効果がある。

図 3



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体のプロセス管理を行う微小寸法測定装置において、電子ビームを試料に照射する手段と、照射した電子ビームの焦点位置を変化させる焦点可変手段と、試料上の所定領域を電子ビームで走査する走査手段と、電子ビームを試料へ照射して発生した形状、材質等の情報を含む信号を検出する検出手段と、電子ビームの走査と焦点位置を制御する制御手段と、検出した信号を画像処理または焦点位置の計算を行う画像処理手段を備え、検査用レシピファイルのリファレンス画像の作成時にリファレンス画像内の測長対象を指定することを特徴とする微小寸法測定装置。

【請求項2】 請求項1の微小寸法測定装置の画像処理手段の焦点位置を算出する機能において、リファレンス画像と複数の焦点位置で撮影した焦点評価画像間でサーチ処理を行い、2画像間の相関値を重みに使用して、焦点評価画像間で使用する共通の原点座標を算出することを特徴とする微小寸法測定装置。

【請求項3】 請求項1の微小寸法測定装置の画像処理手段の焦点位置を算出する機能において、測長対象のエッジ部分を含む焦点部位を、測長対象外の情報を排除した狭領域として抽出し、エッジ検出処理を施して焦点を評価することを特徴とする微小寸法測定装置。

【請求項4】 請求項3の手段を備える微小寸法測定装置において、焦点位置を最小でも3段以上に分けて焦点評価画像の撮影を行い、焦点評価画像の撮影の焦点位置と焦点評価画像のエッジ評価信号強度を変数とする多項式を作成し、焦点位置を算出することを特徴とする微小寸法測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、微小寸法測定装置における焦点自動調整機能に関する。

【0002】微小寸法測定装置は、主に製造途中の半導体パターン線幅を測定して、製造装置の状態やプロセスを管理するために使用する。そのため、微小寸法測定装置には、正確な測長と測長スループットが要求される。そして、正確な測長には、細部まで鮮明に映し出した画像が必要とされる。

## 【0003】

【従来の技術】微小寸法測定装置は、光を利用した光学式と電子ビームを利用したSEM（走査型電子顕微鏡）式があり、半導体製造ラインに設置され、パターン線幅の測長用に使用されている。光学式は、 $0.25\mu\text{m}$ 以下のパターン測長において、精度の点で不安があり、現状では、SEM式が製造ラインに多数設置され寸法管理に使用されている。しかし、光学式は、再現性、スループットの面において優れており、露光の際の重ね合わせチェック等に使用されている（NIKEI MICRODEVICES, 「世界半導体製造装置・試験・検査装置市場年鑑2000」, pp. 66 50

2

0）。このように、SEM式は、スループットが課題となっている。

【0004】電子ビームを利用した微小寸法測定装置では、測定物に電子ビームを走査させて、測定物から2次的に発生した電子を検出して、その強弱にて画像を構成する。このとき、図4に示すように、撮影対象表面に出来る電子ビームのスポット径が小さいほど分解能が向上し、細部まで画像化できる。ここで、電子ビームを収束するのが励磁コイルであり、スポット径、つまり焦点位置を制御する一手段である。この励磁コイルの磁界を適切に調整することで、測定物の表面と焦点位置をコントロールし、表面に出来るスポット径を制御する。つまり、SEM式微小寸法測定装置では、細部まで観察するために、測定物の表面に焦点が出来るように励磁コイルの磁界強度を適切に調整する必要がある。また、微小寸法測定装置は、製造ラインに設置されているため、自動的にこの調整を実行できる必要がある。

【0005】従来の技術では、この調整方法に励磁コイルの磁界強度を微小に変化させて測定物を撮影し、撮影画像に対して画像全体で微分処理を行い、画像全体の信号強度を算出して、励磁強度と焦点状態を評価していた。そのため、自動的に最適励磁強度を求めるためには、励磁コイルの調整範囲全体で先の処理を行い、各焦点位置での画像の信号強度を採取してから最大信号強度を求め、この最大信号の励磁強度を最適値と仮定して、測長用の画像撮影を行っていた。

【0006】また、測長対象パターン線を認識するために、パターンのリファレンス画像を使用するが、図5のように、高さが違うパターンのエッジ部位が複数ある画像の場合、画像全体で信号処理を行うと焦点位置に対する信号強度のピークが複数存在してしまい、測長対象パターン線に正確に焦点を合わせられなかった。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記の従来技術は、細かい焦点調整を行う必要がある場合、励磁コイルの磁界強度の変化ステップを細かくして、磁界調整範囲内を複数回、撮影する必要があるため、焦点調整時間が掛かる課題があった。

【0008】さらに、撮影範囲内の測定物の凹凸による焦点位置のずれが考慮されておらず、測長したいパターン線に焦点が合わず、対象以外のパターンで焦点が合う課題があった。

【0009】本発明は、最小の焦点調整時間で、測長対象パターン線に焦点を的確に合わせる焦点自動調整機能を提供することにある。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を達成するために、半導体検査用レシピを作成する過程で、測長対象パターン線、または、ホールなどの高低差でエッジを持つパターンを指定するようにして、レシピファイル内デー

タで、焦点ポイントを明示的に扱うようにしたものである。

【0011】また、測長対象パターン以外の情報を排除するために、指定した測長対象パターンのエッジを含む部分を焦点ポイント領域として、サーチ処理し、その画像部位だけを抽出するようにしたものである。

【0012】さらに、少ない撮影回数で焦点位置を算出するために、テーブルの位置情報を基準にして、焦点位置、つまり励磁コイルの磁界強度を最低3回は変えて、撮影を実行するようにしたものである。

【0013】そして、それぞれの画像を微分して、得られた信号量と磁界強度を変数とする多項式から、焦点位置を算出する手段を用いるものである。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、発明の実施例を説明する。

【0015】図1は本発明の走査電子顕微鏡の構成概略図である。また、図2が本発明の特徴を表す撮影画像図である。さらに、図3が本発明の処理フローを示す図である。まず、これらの図を使い本発明の処理内容を説明する。

【0016】制御用計算機100が全ての撮影手順をコントロールする。まず、測長対象パターンのある位置までステージ102を、ステージ制御回路101で移動させる。次に、制御用計算機から103の撮影タイミング発生回路に起動を指示する。撮影タイミング発生回路では撮影タイミングとして垂直同期信号、水平同期信号、画素クロック等の撮影制御信号を発生する。撮影制御信号は104の偏向回路で2次元の座標データに変換され、105のX、Y方向の偏向レンズを駆動して電子ビーム107の方向を制御する。106の電子銃で発生した電子線は、偏向レンズで照射位置を制御され、110の対物レンズで焦点位置の調整を行って111の試料に照射される。このとき、ステージ位置検出108で大まかな3次元のテーブル位置座標を検出し、その位置座標データを制御用計算機に送る。テーブル位置が中心になるように、評価焦点位置を決め、109の励磁回路で励磁コイル110を駆動して、試料に電子ビームの焦点を合わせる。そして、試料からは形状や材質の情報を含んだ2次電子や反射電子等が発生し、113の検出器により電気信号に変換される。114の増幅器で微弱な信号を増幅して、115のアナログ/デジタル変換機で、画像処理で扱い易いデジタル信号に変換する。116の前処理回路で信号積算処理を行って、S/Nを改善した画像データを117の画像メモリに格納する。そして、118の画像処理計算機で、画像メモリ内の撮影画像を取り出して、画像処理や画像評価を行う。また、必要な場合は、119の表示装置で撮影画像を測定者に表示する。

【0017】図2は、半導体のパターン幅を測定するために使用するリファレンス画像を示したものである。リファレンス画像は、半導体の製造工程を作る過程において、その手順を示したレシピに付図するものであり、製

造ラインの構築の初期段階で作られるものである。半導体のプロセス管理では、リファレンス画像を参照して、対象パターン線の検出を行い、パターン線幅を測長する。このとき、リファレンス画像内に高さが違う複数のパターン線が存在した場合、測長対象パターン線に焦点が合わない場合が発生する。そこで、複数のパターン線があるリファレンス画像に対し、レシピ作成者が測長対象パターン線を指定することで、自動的にそのパターン線のエッジ部位しか含まない焦点ポイント狭領域の座標を算出するようにする。こうすることにより、測長対象パターン線の焦点ポイント以外の情報を排除でき、的確に測定したいパターン線に焦点を合わせることができ

る。

【0018】図3を使用して、具体的な焦点位置の算出方法を説明する。まず、条件として上記で説明したようにレシピ作成でリファレンス画像と、その測長対象パターンの焦点ポイントが指定されている状態とする。ステージ位置検出による位置データから、試料表面位置で焦点が合う位置を中心として、上方と下方の焦点位置での焦点評価画像撮影を行う。ここで、焦点位置の可変は、3段回以上であれば良く、図3は、上段、中段、下段の3段回可変した場合の例である。一般に試料の厚みや誤差により、ステージ位置情報だけで、正確に焦点を合わせることは難しいため、電子ビームの焦点位置を振って微調整を行う必要がある。ここで、焦点位置を算出するまでの処理は、118の画像処理計算機、または、100の制御用計算機にて行っている。

【0019】次に、各撮影画像で同じ焦点ポイント領域を抽出するために、リファレンス画像と各撮影画像のサーチ処理により3画像の原点を算出し、相関値と各原点から重心までの距離により、共通の原点を決定する処理で行っている。ここで、共通原点を求める目的は、ノイズや装置の誤差により、3画像間で微妙に画像位置がずれるため、これを、補正するために行う。決定した共通原点を基準にして、リファレンス画像で設定した焦点ポイントの座標でのエッジを含んだ狭領域画像を抽出して、画像部位に対し微分処理を施して、信号量を算出する。このとき、ノイズ除去のためにフィルタ処理を施しても良い。各焦点位置画像に対して同様な処理を施し、焦点位置と信号量の多項式から、焦点位置を算出する式を求める。求めた焦点位置を使用して撮影を行うことで測長対象パターン線に確実に焦点を合わせた撮影が可能となる。

【0020】図4を使用して、焦点位置と信号強度の関係を説明する。

【0021】電子ビームは、励磁コイルで収束され、ある位置で焦点を結ぶ。この焦点位置が撮影対象物の表面位置より、奥にあれば、表面位置に出来るスポット径は広くなり、焦点位置で最小になる。さらに、手前に来ると、また、スポット径は、広くなる。電子銃から照射さ

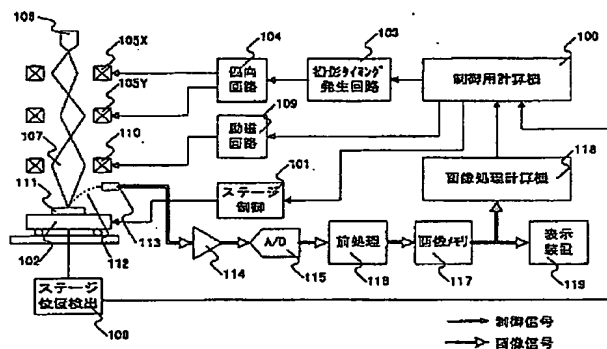
5

れる単位当りのエネルギーは、一定のため、スポット径が広げれば、エネルギーは分散され、パターン線から放出される2次電子量も減る。さらに、スポット径が広いと、電子線が複数の画像にまたがって照射されるため、信号濃淡が発生するエッジ部分では、画像がぼやけた状態になる。そのため、その部位に、微分処理を施した場合、スポット径の小さい焦点の合った画像ほど信号強度が大きいことになる。ここで、図5のように、高さが違うエッジ部位が複数ある画像の場合、画像全体で信号処理を行うと焦点位置に対する信号強度のピークが複数存在してしまい、測長対象パターン線に正確に焦点が合わせられない課題がある。そこで、焦点ポイントを指定して、狭領域で焦点を評価すれば、この課題は解決できる。つまり、焦点評価部位を狭領域化することで、焦点位置と信号強度の関係を少ない項の多項式で表現して、焦点位置を推測するものである。

【0022】ここで、半導体パターン線幅の測長シーケンスは、図6に示すように、まず、ステージ移動の後に、焦点調整、焦点位置算出、本スキャン、線幅算出の手順をとっている。焦点調整において、評価画像の撮影では、焦点位置を変えて複数回撮影する必要がある。このとき、S/N改善の積算処理で画像の位置ずれを防止するために商用電源に同期したタイミングで画像を撮影する必要があるため、撮影間隔を縮めることが出来ず、評価画像の取得枚数に比例して、焦点調整時間が延びる問題がある。しかし、本発明では、焦点評価部位を狭領域にすることで少ない項の多項式で焦点位置を算出できる。つまり、少ない評価画像の取得回数で焦点位置を算出す

【図1】

図 1



6

るため、焦点調整時間を最小に出来ることになる。

【0023】

【発明の効果】本発明によれば、焦点評価画像の取得枚数を減すことが出来るので、測長スループットが向上する。

【0024】さらに、測長対象パターン線に対し的確に焦点を合わせることが出来るので、正確な測長が出来る効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例であるSEM式微小寸法測定装置の構成概略図である。

【図2】本発明の特徴を表す撮影画像図である。

【図3】本発明の処理フローを示す図である。

【図4】本発明の焦点位置と信号強度の関係を説明した図である。

【図5】従来の焦点位置と信号強度の関係についての課題を説明した図である。

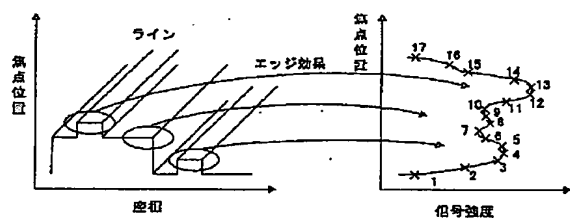
【図6】従来の測長シーケンスと本発明の測長シーケンスを説明した図である。

【符号の説明】

100…制御用計算機、101…ステージ制御、102…ステージ、103…励磁回路、104…偏向回路、105…偏向コイル、106…電子銃、107…電子ビーム、108…ステージ位置検出、109…励磁回路、110…励磁コイル、111…試料、112…2次電子又は反射電子、113…検出器、114…増幅器、115…アナログ/デジタル変換機、116…前処理回路、117…画像メモリ、118…画像処理計算機、119…表示装置。

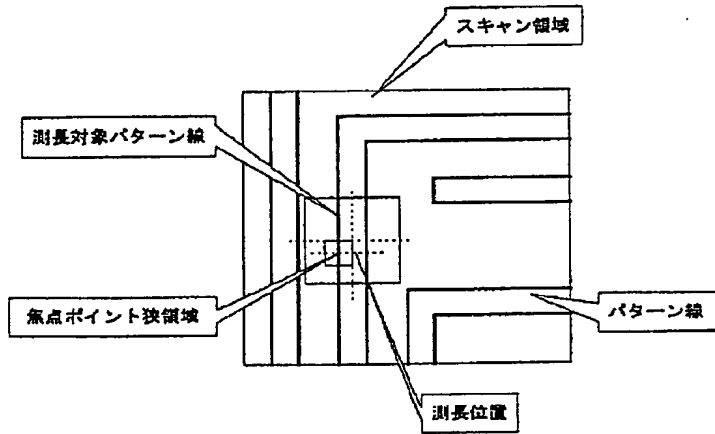
【図5】

図 5



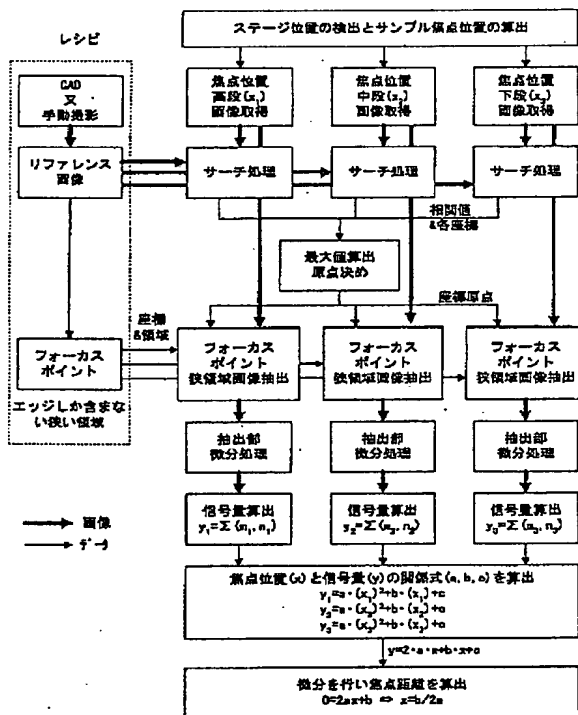
【図2】

図 2



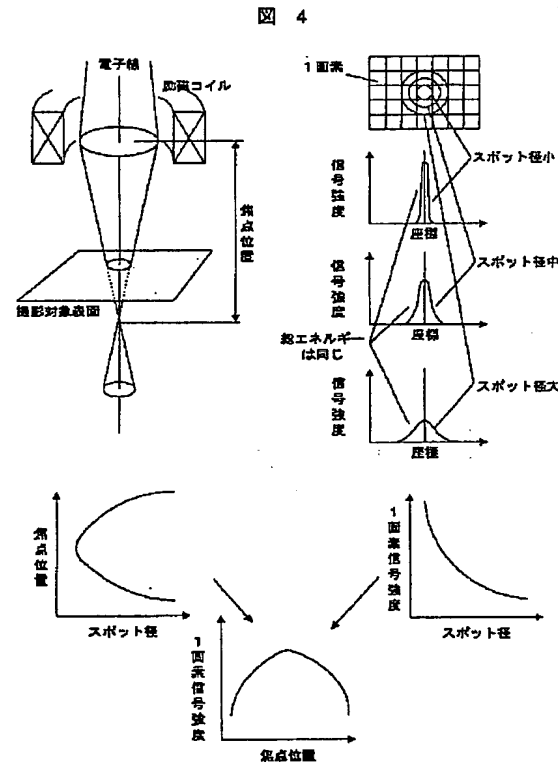
【図3】

図 3



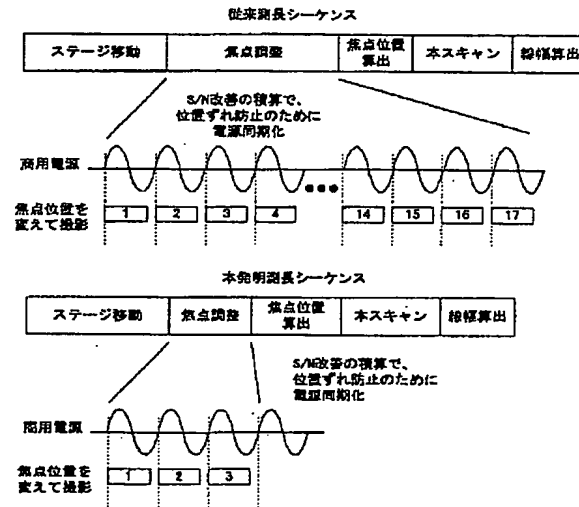
【図4】

図 4



【図6】

図 6



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 J 37/28

識別記号

F I

G 0 2 B 7/11

テーマコード(参考)

H

F ターム(参考) 2F067 AA03 AA26 BB01 BB04 CC17  
 EE10 HH06 HH13 JJ05 KK04  
 RR31 RR36 RR44  
 2H051 AA00 BA41  
 5C033 MM03 UU02 UU05